

Comentarios del
Dr. Dióodoro Guerra al libro
Sistemas Complejos: Sistemas en el límite del caos del
Dr. Luis Arturo Rivas Tovar

Primeramente quiero agradecer la invitación para participar en este evento de presentación del libro del Dr. Luis Arturo Rivas Tovar a quien felicitamos por esta obra. Queremos también felicitar a la comunidad de la ESCA por el 180 aniversario de su fundación y hacer extensiva esta felicitación a nuestra Alma Mater el Instituto Politécnico Nacional. Empecemos nuestros comentarios con una breve reflexión: ¿por qué las comunidades de hormigas, los comportamientos sociales y el desarrollo económico tienen comportamiento similares. Estos son los aspectos que analizan e investigan las ciencias de la complejidad como campo de estudio de los sistemas complejos que como todos sabemos los caracteriza el estar compuesto por muchos elementos que tienen interacciones simples pero de las cuales surgen resultados impredecibles y patrones emergentes.

Su núcleo fundacional se origina en la física y su interacción con las matemáticas, especialmente en el análisis de sistemas dinámicos no lineales y de fenómenos caóticos con aplicación en la física estadística para explicar como de la interacción de muchas partículas surgen propiedades colectivas. De la misma manera en matemáticas aplicadas en teoría de grafos, redes y modelos de autómatas celulares como los de John Von Neumann y John Conway con el “Juego de la Vida” que mostraba cómo reglas simples podrían generar gran complejidad.

Todo esto da lugar a la institucionalización del campo de estudio que se produce en el Santa Fe Institute de EEUU fundado en 1984 y donde se consolida la ciencia de la complejidad como área interdisciplinaria integrando estudios, proyectos e investigaciones de física, biología, economía, ciencias sociales y computación, para posteriormente impulsar la creación de varios centros como el de Paris y Boston entre otros hasta llegar recientemente en México al de la UNAM y el programa de expertos del IPN logrando también una mayor participación en el enfoque de los sistemas complejos así como su expansión a otras áreas como ecología, sociología y tecnología, y posteriormente a casi todas las ciencias.

De esta manera los sistemas complejos han ido ampliando su utilización como herramientas fundamentales en muchos campos del conocimiento porque permiten entender mejor los fenómenos donde intervienen muchos elementos interconectados que generan además comportamientos emergentes difíciles de predecir.

En síntesis la ciencia de la complejidad funciona como un vínculo interdisciplinario que conecta las ciencias naturales (física, biología, neurociencias) con las ciencias sociales (economía, sociología, ciencias políticas) y además con la tecnología (computación, robótica y sistemas autónomos e ingeniería de sistemas) y a su vez con la medicina (epidemiología, medicina personalizada, salud pública) y el medio ambiente (climatología, ecología aplicada, urbanismo y ciudades inteligentes). Estableciendo métodos que nos permiten comprender mejor como surge el orden a

partir del desorden y como van evolucionando y adaptándose estos sistemas. Sus avances se han generado de manera explosiva y con un dinamismo inusitado logrando proyectos y consolidando sus aplicaciones en un espectro muy amplio y diverso que va desde estudios de caos y redes de partículas; pasando por redes genéticas, dinámica de poblaciones, así como redes neuronales, mercados financieros, redes sociales, enjambres de robots y drones hasta modelos de cambio climático, sostenibilidad de recursos y salud pública un breve análisis de la línea del tiempo tanto en su origen como en sus prioridades de expansión de los sistemas complejos nos puede permitir complementar la contextualización que a manera de proceso introductorio a la presentación del libro de Luis Arturo estamos tratando de hacer.

Los primeros estudios de los sistemas complejos se remontan al periodo del siglo XIX a principios del Siglo XX con las bases físico matemáticas, en el desarrollo de la termodinámica y la mecánica estadística y nace la idea de propiedades emergentes en grandes conjuntos de partículas. Posteriormente Poincaré descubre los elementos que permiten sembrar la semilla de la Teoría del Caos.

En el siglo XX suceden avances y descubrimientos que van desde Norbert Wiener y el desarrollo de la cibernética, pasando por John von Neumann y Stanisław Ulam que formulan los autómatas celulares y muestran como reglas simples generan patrones complejos y Edward Lorenz que modela el clima y descubre el “efecto mariposa” consolidando la teoría del caos hasta llegar en 1984 a la fundación del Santa Fe Institute (SFI) en EEUU y nace formalmente la ciencia de la complejidad como campo interdisciplinario.

A finales del siglo pasado surgen las redes y las simulaciones, y se producen también las aplicaciones en internet, biología molecular, epidemiología, y sociología y en el 2000 las simulaciones basadas en modelos de agentes permiten estudiar ciudades, mercados financieros y ecosistemas.

Ya en este siglo en la década del 2010-2020 se produce la consolidación y las aplicaciones globales; la aplicación masiva en climatología (modelos IPCC) epidemiología (SARS, COVID-19), sistemas financieros, energía, y ciudades inteligentes; y crecen los estudios de resiliencia.

A partir del 2020 y hasta la fecha estamos viviendo la interrelación de la complejidad, la IA y el Big Data. Con enfoques en sostenibilidad y toma de decisiones adaptativas en un mundo cada vez con mayor incertidumbre, su uso en gobernanza con el modelado de políticas públicas, medicina personalizada, robótica en enjambre, blockchain y sistemas descentralizados.

Tratando de resumir; los sistemas complejos nacieron en la física y las matemáticas, se institucionalizaron con el Santa Fe Institute y hoy constituyen un enfoque transversal que conecta ciencia, tecnología sociedad y medioambiente.

En el libro sistemas complejos: sistemas en el límite del caos Luis Arturo Rivas Tovar nos presenta una estructura sólida compuesta por 7 capítulos tributarios y 2

adicionales en los cuales hace un recorrido exhaustivo por sus fundamentos y las aportaciones e investigaciones de muchos autores analizando con claridad un amplio abanico de conocimiento avanzado sobre el tema.

Estamos frente a un libro que sintetiza en forma excepcional los principales avances en el estudio de los sistemas complejos. Su propósito no es el tratar de abrir o analizar nuevas líneas sino consolidar y difundir de manera entendible el conocimiento existente, para lo cual realizó una investigación en lo que el autor enfatiza al señalar que estos serán los objetivos del libro lo cual consideramos lo alcanza plenamente, podemos resaltar también el rigor en el tratamiento de los conceptos y la cobertura de la parte teórica específicamente en redes y caos.

En la parte metodológica nos señala el uso de algunas herramientas matemáticas pero el énfasis está en la utilización de modelos en los que incluye el modelo LART de estructura y dinámica de una red compleja específicamente en el capítulo 5 en el que hace reconocimiento a sus alumnos doctorandos por su participación.

En un enfoque del apartado teórico nos reseña brevemente pero con precisión la participación de los principales autores y sus aportaciones en varios campos de la complejidad en los que destacan las redes sociales.

En la parte aplicada considera un buen número de ejemplos de los proyectos realizados por una cantidad considerable de investigadores en los que se pueden señalar a:

- Tim Berners-Lee con la Web Semántica
- Joshua Epstein: El Modelaje de Agentes a Gran Escala
- Ferber (1999) y Caparrini (2013): La Modelación Multiagentes
- Stephen Wolfram: Autómatas Celulares y Algebra Computacional

En la simulación en sistemas complejos nos presenta elementos que son esenciales y de impacto en el ámbito de la complejidad como lo es la modelación, los agentes, el autómata celular sus descripciones tipo e interrelación así como en dónde se dan sus aplicaciones con ejemplos concretos de los principales autores del tema y en donde se llevan a cabo incluyendo áreas de la mayor relevancia como la seguridad.

En los aspectos de computación cuántica e inteligencia artificial que es el título del séptimo tributario nos hace una explicación muy exhaustiva de la computación y todas sus vertientes incluyendo un estado del arte de la aplicación de la IA que cubre un amplio espectro en tipos, lenguajes, opciones, etc. nos plantea también la descripción de la supercomputación y la computación cuántica aspectos de gran significación por la estrecha relación entre todos ellos y los sistemas complejos que tienen una historia de colaboración entrelazada.

Por otra parte, en el análisis de la aplicación de la IA en la administración pública nos presenta la referencia de ejemplos de su utilización y aprovechamiento en varios países pero todos referidos solo a los servicios y atención ciudadana y el combate a la corrupción así como también al concepto de gobierno digital. Nosotros consideramos que podría ampliarse su aplicación a las diversas complejidades del gobierno y a aspectos de mayor relevancia e impacto como la toma de decisiones, la simulación y los enfoques predictivos que nos permite la inteligencia artificial.

Es importante resaltar que el peso específico de este libro está en su contenido organizado con profundidad y expuesto con claridad con lo que nos introduce al amplísimo campo de los sistemas complejos.

Más que plantear propuestas inéditas lo que logra Luis Arturo es lo que el mismo nos comenta al principio de su libro en relación a su obra “su pretensión es aportar una visión panorámica de estudio, evolución y comprensión de los conceptos fundamentales de los sistemas complejos y concluye su cita diciendo ...Es en su enfoque panorámico donde reside su valor”.

En ese sentido su mayor fortaleza radica en sintetizar y sistematizar conocimientos avanzados del tema ofreciéndonos un panorama riguroso y completo; lo que lo convierte en un texto indispensable como referencia.

Asimismo es importante destacar que su contenido nos permite tener más claro el porqué los sistemas complejos nos ayudan a entender fenómenos naturales y sociales y también a estar más convencidos de que pensar en términos complejos es clave para enfrentar retos globales y para resolver la gran problemática compleja y los avances hasta caóticos que tiene nuestra nación y coincidir con la opinión de varios autores de que "Estudiar la complejidad es aprender a mirar el mundo desde otra perspectiva no en partes aisladas sino en redes vivas de interrelación".